

Requested Patent: JP6141470A
Title: PROTECTIVE DEVICE OF SYSTEM-INTERCONNECTION INVERTER ;
Abstracted Patent: JP6141470 ;
Publication Date: 1994-05-20 ;
Inventor(s): OKATSUCHI CHIHIRO ;
Applicant(s): TOSHIBA F EE SYST ENG KK; others: 01 ;
Application Number: JP19920284271 19921022 ;
Priority Number(s): ;
IPC Classification: H02J3/38; H02M7/48 ;
Equivalents: ;

ABSTRACT:

PURPOSE: To surely stop the electric current of a power supply line in an islanding state by a method wherein a frequency abnormality, a frequency change-rate abnormality and a voltage abnormality are detected and a system- interconnection inverter is released from a system.

CONSTITUTION: An electric current always at a definite power factor is output from an inverter 2 over the wide range of the frequency (at which a frequency relay 18 is actuated surely) of an AC power supply 8 by a PLL circuit 22. A slight change in a system is caught by a voltage abnormality relay 25, a frequency abnormality relay 26, a frequency change-rate abnormality relay 27 and the like, an abnormality is found out, the electric current of the inverter 2 fluctuates and becomes out of balance, it is detected that a frequency and a voltage fluctuate largely, and the inverter 2 is released from the system. Thereby, it is possible to surely stop the electric current of a power-supply line in an islanding operation.

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

D 9181-5H

(74) 代理人 弁理士 則近 憲佑

【特許請求の範囲】

【請求項1】 直流電力を交流に変換するインバータにより電力系統と連系する系統連系システムにおいて、前記電力系統の電圧の位相を使用範囲で電源周波数に依存しない回路で位相検出し、前記電圧位相に同期した電流基準に一致するような電流制御回路の出力に基づいて前記インバータを動作するとともに、前記電力系統に接続した周波数異常検出回路または電圧異常検出回路の出力により前記インバータを前記電力系統から解列させるように構成したことを特徴とする系統連系インバータの保護装置。

【請求項2】 前記異常検出回路に第1の検出レベルと第2の検出レベルを設け、第1の検出レベルによりインバータ出力電力（有効電力、無効電力含む）を変動させ電力バランスを失わせて前記異常検出回路の第2のレベルによりインバータを系列から解列する請求項1記載の系統連系インバータの保護装置。

【請求項3】 周波数異常検出回路には周波数が設定範囲外になったことを検出する回路と周波数変化率が設定値以上になったことを検出する回路とからなる請求項1記載の系統連系インバータの保護装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、直流電力をインバータで交流電力に変換し電力系統に連系する系統連系インバータの保護装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の系統連系インバータの保護装置の代表例を図8に示しその構成について説明する。

【0003】 太陽電池や燃料電池などの直流電源1からインバータブリッジ（以下インバータという）2を介して交流電力に変換し、リアクトル3、コンデンサ4から成るフィルタ回路によりパルス幅変調（以下PWMという）に起因する高周波分をフィルタして出力し、電流検出器5で、その電流を検出してPWM制御により交流電源8へ注入する電流を力率1に制御することが行われている。交流電源8から遮断器7を介して負荷9（一般家庭の負荷）に電力を供給している。

【0004】 太陽電池1から最大電力を取り出すために、電圧基準10と直流電源1の電圧が比例して定電圧で運転するよう、増幅器11でこれらの電圧誤差を増幅し、その出力 V_{11} を出し電流基準回路12により交流電源8からバンドパスフィルタ16を介した正弦波と出力 V_{11} を掛算して交流電流基準 V_{12} （力率1の位相）を出力する。この電流基準 V_{12} と電流検出器5の出力を比較し増幅器13で増幅しPWM回路14によりPWM信号に変換し、駆動回路15によりインバータ2をPWM制御することにより交流電源に注入する電流を電流基準 V_{12} に比例するような制御を行っている。

【0005】 このような配電系統における問題点は交流

電源8から遮断器7を介して供給している電力を遮断器7を開として配電系統を交流電源から遮断して保守などを行う場合、負荷9の電力とインバータ2から供給する電力（無効電力を含む）がバランスしている時の保護である。

【0006】 従来、行われている方法は電圧リレー17と周波数リレー18により交流電源を監視し異常になったことを検出して異常検出回路19によりインバータ駆動回路15をオフしてインバータを停止していた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、負荷9の電力（無効電力を含む）とインバータ2から出力される電力がバランスしていると、遮断器7が開となっても負荷9にはインバータ2から電力が供給され交流電圧が保たれたまま運転が継続され人身の安全上好ましくない状態となる。このような状態をアイランディング（Islanding）と呼んでいる。このアイランディングは保守上、非常に危険なため系統を保護する方法として多くの提案がなされている。その主な保護方式は次の通りである。

（1） 周波数変動方式

【0008】 インバータ制御回路へ入力する系統参照電圧の位相に一定量のシフトをかけ、配電線停止時にフィードバック効果によりインバータ出力周波数をずらせてこれを検出する方式（特開平3-256534号公報参照）である。この方式は有効電力と無効電力が完全にバランスすると周波数や電圧が変化しないので、検出できない。

（2） 電力変動方式

【0009】 インバータから出力する電力を低周波で振動させバランスをくずして検出する方式（特開平3-239124号公報参照）である。この方式はインバータが多数台並列に接続されると電力振動の位相がバラバラとなり全体で見ると電力変動がない状態となり検出できない。

（3） 高周波電圧監視方式

【0010】 アイランディング時、電圧に第3、第5、第7高調波が増加することにより検出する方式である。この方式は現在のように、インバータエアコン、テレビなどのようなコンデンサインプット形整流回路方式の電源が多く使用されるようになると定常時にも第3、第5、第7高調波が増加しているので、アイランディング時の検出信頼性が著しく低下する。上記したように、従来の系統連系インバータの保護方式では欠点が多く満足なアイランディング検出ができなかった。

【0011】 本発明は上記欠点を解消するためになされたもので、その目的はアイランディングを確実に検出して、系統に連系しているインバータを解列し電源ラインの停電を確実に行うことが可能な系統連系インバータの保護装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の系統連系インバータの保護装置は、直流電力を交流に変換するインバータにより電力系統と連系する系統連系システムにおいて、前記電力系統の電圧の位相を使用範囲で電源周波数に依存しない回路で位相検出し、前記電圧位相に同期した電流基準に一致するような電流制御回路の出力に基づいて前記インバータを動作するとともに、前記電力系統に接続した周波数異常検出回路または電圧異常検出回路の出力により前記インバータを前記電力系統から解列させるように構成したことを特徴とする。

【0013】

【作用】電流制御形のインバータで高効率一定の制御を行い、電源周波数が変化しても常に高効率が一になるように制御すれば、アイランディング時、負荷力率にバランスするようなインバータ周波数に電源周波数が変化することになる。これを利用し、周波数異常や周波数変化率異常、電圧異常を検出してインバータの出力電力を変化させ負荷電力とのバランスをくずして系統連系インバータを系統から解列させる。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を図を参照して説明する。

【0015】図1は本発明の一実施例のブロック構成図であり、既に説明した図8と同一部分は同一番号を付してその説明は省略する。本実施例が図8の従来の保護装置と異なる点は次の(1)、(2)、(3)の回路構成である。すなわち、

(1) 交流電源電圧 V_{ac} からPLL回路22 (phase locked loop) を介して電源電圧に同期した信号を得て、これに同期した正弦波回路23の出力と掛算回路30の出力 $V_{\phi 0}$ との積を電流基準回路12で求め電流基準 V_{i2} を出力する回路構成。

【0017】(2) 交流電源電圧 V_{ac} から電圧リレー17、周波数リレー18、周波数変化率リレー24により系統の異常を検出し異常検出回路19により駆動回路15をオフしてインバータを停止する回路構成。

【0018】(3) 交流電源電圧 V_{ac} から電圧異常リレー25、周波数異常リレー26、周波数変化率異常リレー27により系統が異常となったと判断し系統異常回路28により時間関数回路29の出力と出力 V_{i1} との掛算を掛算回路30により求め出力 $V_{\phi 0}$ を出し、電流の大きさを時間的に変化させる回路構成。次に、本実施例の作用について説明する。

【0019】一般に、負荷9は遅れ力率である。例えば家電機器は0.85~0.9の遅れ力率であり、三相の誘導電動機も0.6~0.8程度の遅れ力率で力率改善用のコンデンサを接続して力率を0.9程度に改善して使用している例が多い。そこで図2(a)に示すような

R-L負荷を負荷9として考えてみる。電源電圧 V_{ac} と負荷電流 I_1 は図2(b)のベクトルであり、同図(d)の位相で流れているとする。

【0020】インバータ2から供給している電流 I_{i1} のベクトル図は図2(c)であり、同図(e)の位相で流れている。遮断器7が閉の場合は I_1 と I_{i1} のベクトルの差分を交流電源8から供給していることになる。この状態で遮断器7が開となった場合を考えてみる。従来の図8に示すバンドパスフィルタを用いた電流基準方式についてみると、大きさ(ゲイン)は図3(a)に示す例えばバンドパスフィルタ特性が選択されているとすると、位相特性は同図(b)のようになる。

【0021】次に、遅れ角 30° (力率0.866)の負荷が接続されていて、インバータの出力とほぼバランスが保たれている時、遮断器7を開にした場合を考える。負荷電流は図2(d)のように流れ、インバータ電流は図2(e)のように流れているが、遮断器7が開になってインバータ電流と負荷電流がバランスしてアイランディング状態となるにはインバータ電流が 30° 遅れる必要がある。

【0022】図3でバンドパスフィルタ出力が 30° 遅れれば電流基準もこの位相角だけ遅れインバータ電流も 30° 遅れることになる。即ち、50Hzで運転していた周波数が51Hzになればバンドパスフィルタ出力は 30° 遅れることになるので、インバータ出力と負荷は有効電力、無効電力共にバランスすることが可能でアイランディングの条件が成立する。この状態では周波数リレー18が動作するかしないかの限界であり(49Hz以下、51Hz以上を異常値として検出している)ので、確実にアイランディングを防止することは不可能となる。負荷が 30° 未満の遅れでは検出不能となる。

【0023】図1の実施例ではPLL回路22を用いて交流電源 V_{ac} に常に完全同期した電流基準を用いるので、インバータ出力電流は交流電源の周波数に無関係に常に図2(c)、(e)に示すように力率1の電流となる。

【0024】このため負荷電流 I_1 とバランスする条件は電源周波数が非常に高くなり(理論的には周波数が無限大となる)、インダクタンスLに流れる電流が極めて小さくなることである。このように電源周波数が高くなれば周波数リレー18により系統異常を検出し確実にインバータを解列することができる。

【0025】ところで、今一つバランスする可能性があるのは、インダクタンスLが電圧の影響を受け変化する場合である。例えば変圧器やモータでは電圧が低下すれば鉄心の磁束密度が低下しLは増加するので、実際のバランス点は周波数が上昇し電圧が低下した点で起きる可能性もあるが、この時は電圧リレー17でインバータを解列することができる。次に、最も一般的な負荷について図4に示す。

5

【0026】図4(a)に示すように、遅れ負荷の力率改善としてコンデンサCが接続されている。一般にやや遅れの力率で運転するようコンデンサCが投入されているので負荷電流は図4(b)に示す I_L となる。 $(I_L$ はリアクトル電流で、この電流を打ち消す方向にコンデンサ電流 I_C が流れている)。このような状態で遮断器7を開くと、インバータ電流と負荷電流がバランスするには図4(c)のように I_L と I_C が一致し、しかも I_L と I_{in} が一致することが必要である。そのためには、交流電源の周波数は上昇し(図4(b)から(c)に移

 $I_L \approx I_C$

行するには周波数は約50%上昇し、となる条件となる)、バランスすることになり、周波数が大幅に変化し周波数リレー18が動作してインバータを解列する。

【0027】負荷が力率1に近くしかも電力がバランスしている状態では遮断器7が開となった時、周波数変動と電圧変動がわずかな場合が考えられる。この場合は電圧異常リレー25、周波数異常リレー26(電圧リレー17、周波数リレー18の設定より狭い範囲で検出するよう設定してある)で検出し、系統異常回路28を介して時間函数回路29により時間的に変化する(例えば時間と共に低下、又はゆるやかに振動する)信号を掛算回路30で掛算し、インバータ電流を変化させてバランス状態をくずすことにより、周波数や電圧を変化させずみやかに系統からインバータを解列することができる。

【0028】また他の条件として例えば、負荷にモータ(誘導電動機)が接続されている場合は、モータから無効、有効電力をある程度供給することができるので、アイランディング時、周波数や電圧の変化がゆるやかに発生することが多くなり、アイランディング検出が遅れることになる。

【0029】これを防ぐため、周波数変化率を検出して周波数変化率異常リレー27で検出し、インバータ電力を変化させてバランスをくずす。一方、周波数変化率リレー24で検出してインバータを解列する。

【0030】遮断器7が閉の場合、非常に大きな系統で周波数が制御されているので、その変化はわずかで、しかも非常に長い周期でしか変化しない。しかし、アイランディング時は小さな島(範囲内)での変化のため数秒から数十秒で1Hz程度変化するので周波数の変化率を監視することでアイランディングを比較的早く検出することができる。

【0031】以上説明したように、本発明によれば、PLL回路により電源周波数の(周波数リレーが確実に動作する)広い範囲で常に一定力率の電流をインバータから出力し、電圧異常リレー、周波数異常リレー、周波数変化率異常リレーなどにより、系統のわずかな変化をキャッチして異常を見つけインバータ電流を変動させてバランスをくずし、周波数や電圧が大きく変動したことを

6

検出してインバータを系統から解列するので、誤動作のおそれ感度を下げる必要がなく極めて信頼性の高い系統連系インバータの保護装置を提供することができる。

【0032】またインバータが多数並列接続された場合も電力変動の方向が打ち消されることがない(変動開始時期がほぼ一致するので)ので並列運転時の信頼性も非常に高い。本実施例においては構成要素を下記の如く変更することによっても、本実施例と同様な作用を奏する。

【0033】(1)図1の電圧リレー17、周波数リレー18、周波数変化率リレー24、電圧異常リレー25、周波数異常リレー26、周波数変化率異常リレー27などはマイクロコンピュータを利用することにより比較的容易に実現できる。

【0034】(2)図1の電圧異常リレー25、周波数異常リレー26、周波数変化率異常リレー27及び系統異常回路28、時間函数回路29、掛算回路30を設けず、電圧リレー17、周波数リレー18、周波数変化率リレー24などの単独又は組合せでアイランディングを判断してインバータを直接解列することができる。

【0035】(3)図1の時間函数回路29は時間的にインバータ出力電流を変化させているが、この変化は段階的变化や傾斜変化の他にゆるぎの変化を導入しても同じ制御方式なら多数台インバータのゆるぎが同期するので変化を打ち消すことはない。このゆるぎにはインバータの電流位相のわずかに変化させることも含まれる。

【0036】(4)図1のPLL回路は図5に示すようなハイパスフィルタ31(周波数リレーが検出する範囲では位相ずれはほとんど無視できるよう設定)とゼロクロス検出32とから電源に同期した正弦波回路23で発生させてもよい。

【0037】(5)図1のPLL回路は周波数に対する位相変化がある周波数範囲でほとんどなければその回路で代用できるので、図6に示すようにバンドパスフィルタ16の出力周波数とその位相変化は事前に判っているので位相補正回路33により例えばマイコンを使って周波数を測定し、テーブルで位相変化分を補正して正弦波回路23の位相を補正して周波数リレーが確実に動作する範囲では交流電圧に対し位相変化が無視できる電流基準を作ることで作用は同じである。

【0038】(6)負荷力率が1を含む遅れまで考えられる場合は、インバータ電流を図7に示すようにやや進み(5~10°程度)に設定すれば検出が可能となる。また、負荷力率が1を含む進みである場合はインバータ電流をやや遅れに設定すればよい。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば電源周波数に使用範囲で依存しない電圧位相を検出してインバータ電流を固定位相で流すことによりアイランディング時、系統の周波数変動を拡大させることにより信頼

7

性良く確実に検出保護できる経済的な系統連系インバータの保護装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例のブロック図。

【図2】 図1において負荷がR-Lの場合の説明図。

【図3】 図1のバンドパスフィルタの特性図。

【図4】 図1において一般的負荷の場合の説明図。

【図5】 PLL回路の他の回路図。

【図6】 PLL回路さらに他の変形図。

【図7】 図1のインバータ電流の説明図。

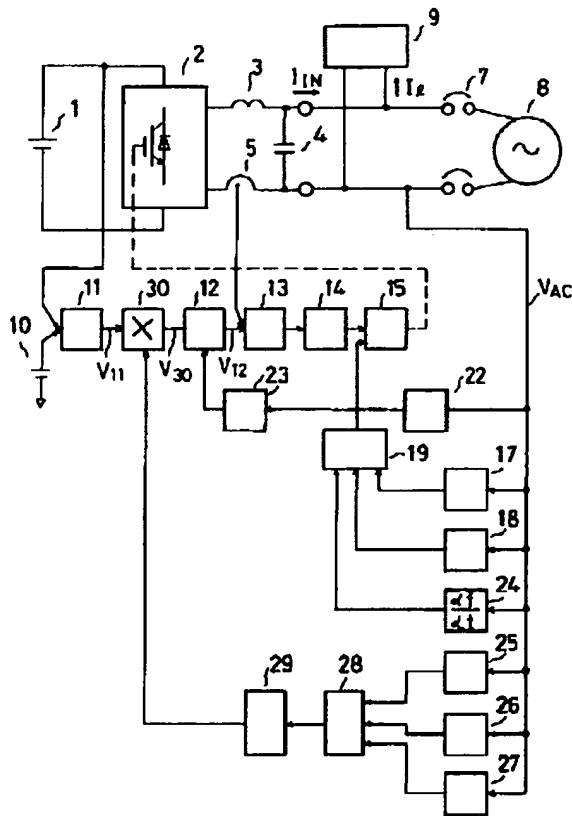
【図8】 従来の系統連系インバータの保護装置のブロック図。

【符号の説明】

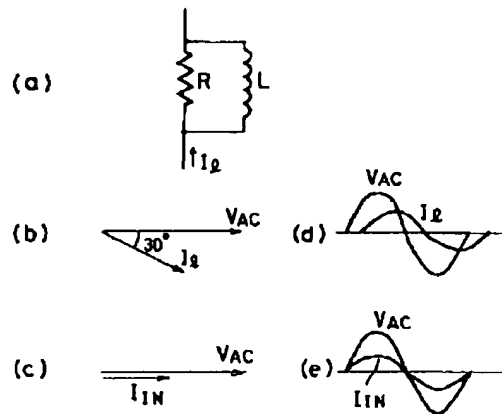
8

1…直流電源、2…インバータブリッジ、3…リアクトル、4…コンデンサ、5…電流検出器、7…遮断器、8…交流電源、9…負荷、10…電圧基準、11、13…増幅器、12…電流基準回路、14…PWM回路、15…駆動回路、16…バンドパスフィルタ、17…電圧リレー、18…周波数リレー、19…異常検出回路、20…高周波検出回路、21…ゆらぎ回路、22…PLL回路、23…正弦波回路、24…周波数変化率リレー、25…電圧異常リレー、26…周波数異常リレー、27…周波数変化率異常リレー、28…系統異常回路、29…時間函数回路、30…掛算回路、31…ハイパスフィルタ、32…ゼロクロス検出、33…周波数検出位相補正回路。

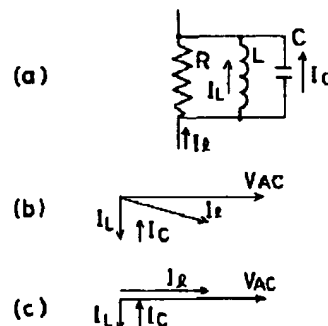
【図1】



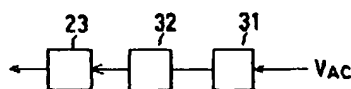
【図2】



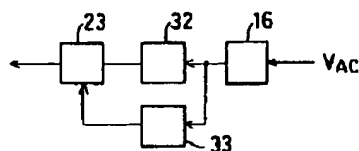
【図4】



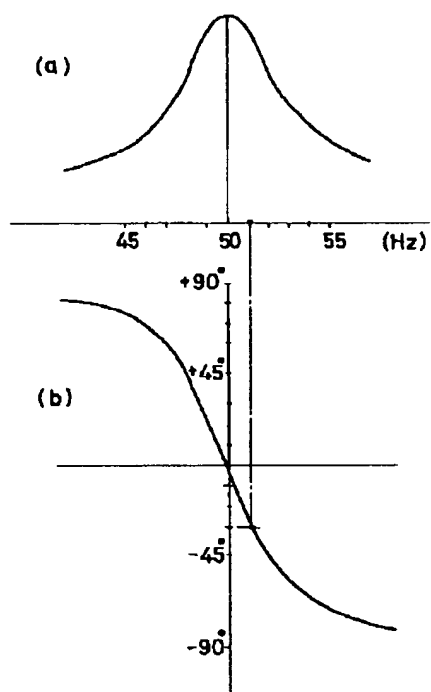
【図5】



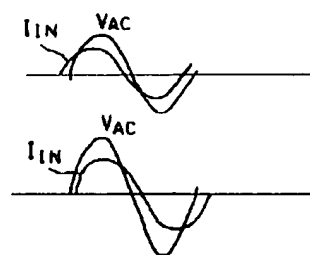
【図6】



【図3】



【図7】



【図8】

